خرائط مراقبة الجودة الإحصائية

وتطبيقاتها على الحاسب الآلي

MINITAB

إعداد

د/ أسامة ربيع أمين سليمان

مدرس بقسم الإحصاء والرياضة والتامين

كلية التجارة بالسادات – جامعة المنوفية

الطبعة الأولي

أغسطس 2008

جميع حقوق الطبع والنشر والتأليف

محفوظة للمؤلف

2007/23851

مقدمة الكتاب

في ظل التطورات العالمية المتلاحقة على المستويين الاقتصادي والتكنولوجي أصبحت الجودة عامل حاكم لبقاء المنظمة في بيئة الأعمال، تلك البيئة التي لا تعترف إلا بالأفضل والأجود. لذا أصبح لزاما على منشآت الأعمال التحسين المستمر في الأداء من أجل تلبية المتطلبات والمواصفات العالمية في مجال جودة الإنتاج.

وخرائط مراقبة الجودة هي أداة إحصائية لمراقبة مدى مطابقة العملية الإنتاجية للمواصفات المحددة مسبقا، واكتشاف مواطن الخلل والانحرافات غير المرغوب فيها في الأداء، ثم تحديد أسباب هذا الانحراف ومن ثم اتخاذ الإجراءات التصحيحية لتفادي مثل هذه المشاكل في المستقبل وبالتالي ضمان التحسين المستمر.

هذا ويعد برنامج MINITAB من أفضل حزم البرامج الإحصائية الجاهزة التي تستخدم في تنفيذ خرائط مراقبة الجودة، بالإضافة إلى سهولة الفهم وتفسير النتائج.

وفي النهاية يود المؤلف أن يكون هذا الكتـاب خـير عونـا للعـاملين في مجـال جودة الإنتاج في تأدية عملهم بكفاءة وفاعلية.لإبداء أي رأى أو تعليق يسعدنا اتـصالكم بـالمؤلف هاتفيـا (**0020109787442**) أو علـى البريـد الالكتروني osama.rabie@yahoo.com ، والله الموفق.

الدكتور / أسامة ربيع أمين

القاهرة

يوليو – **2008**

المحتويات

الفهرس	الصفحة
خرائط مراقبة جودة الإنتاج **Control Charts**	
قواعد الحكم على العملية الإنتاجية من خلال خرائط مراقبة جودة الإنتاج	
خرائط المتغيرات	
أولاً: خريطة الوسط الحسابي	
ثانياً: خريطة الانحراف المعياري	
ثالثاً: خريطة المدى	
خرائط الخصائص	
أولاً: خريطة نسبة الوحدات المعيبة	
ثانياً: خريطة عدد الوحدات المعيبة	
خرائط المراقبة المزدوجة	
خريطة الوسط – المدى	
خريطة الوسط – الانحراف المعياري	

هذا الكتاب صدقة على روح

أمي وأبي وأخي

أسالكم الدعاء لهم

بالرحمة والمغفرة

خرائط مراقبة جودة الإنتاج
Control Charts

في هذا الجزء سوف نتناول نوعين من خرائط مراقبة الجودة:

النوع الأول: **خرائط المتغيرات** Variables Charts :

وتضم هذه المجموعة :

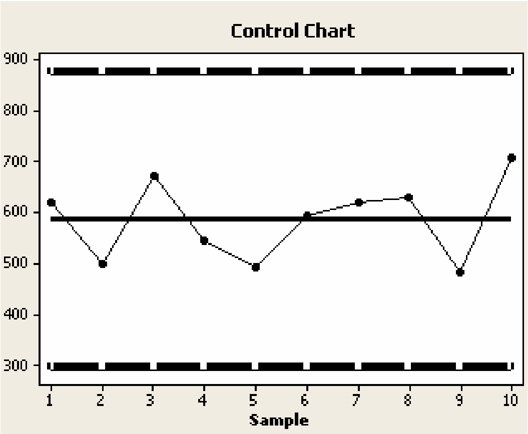
- خريطة المتوسط الحسابي.
- خريطة الانحراف المعياري.
- خريطة المدى .

النوع الثاني: **خرائط الخصائص** Attributes Charts :

وأهم خرائـط هذه المجموعة :

- خريطة نسبة الوحدات المعيبة.
- خرائط عدد الوحدات المعيبة.

الشكل العام لخريطة مراقبة جودة الإنتاج :



المكونات الأساسية لهذه الخريطة :

أ) الحد المركزي (خط المنتصف [CL] **Central Line** يمثل المستوى الأمثل لجودة الإنتاج).

2) حدي المراقبة [الحدود المسموح بها]:

- الحد الأعلى للمراقبة **Upper Control Limit (UCL)**
- الحد الأدنى للمراقبة **Lower Control Limit (LCL)**.

ملحوظة :

المحور الرأسي يمثل القيم الخاصة بالمتغير المراد عمل خريطة مراقبة له ، أما المحور الأفقي فيمثل رقم العينة.

قواعد الحكم على العملية الإنتاجية من خلال خرائط مراقبة جودة الإنتاج :

قبل إتخاذ القرار بشأن مستوى الجودة في العملية الإنتاجية ، بمعنى هل هي مطابقة أو غير مطابقة لمواصفات الجودة يتعين على متخذ القرار أن يحدد مفهوم

عدم مطابقة العملية الإنتاجية لمواصفات الجودة المطلوبة ، وهذا يتوقف على طبيعة الظاهرة محل الدراسة.

فهناك حالات يعد وجود نقاط تقع خارج حدى المراقبة (UCL , LCL) معيار أو دليل على أن العملية الإنتاجية غير مطابقة لمواصفات الجودة المطلوبة ، مثال ذلك : متوسط وزن العبوة لمصنع السكر ، في هذا المثال نجد أن الزيادة عن المتوسط المحدد لوزن العبوة سوف يترتب عليه أنخفاض ربحية المصنع ، أما إنخفاض الوزن فيمكن أن يترتب عليه خسارة للمصنع من خلال رفض الطلبية من جانب العملاء أو التعرض للمساءلة القانونية بسبب الشكاوى التي تقدمها جمعيات حماية المستهلك.

وهناك حالات أخرى، يقال أن العملية الإنتاجية تكون غير مطابقة للمواصفات في حالة وجود نقاط تقع في مستوى أقل من الحد الأدنى للمراقبة فقط ، بينما وجود نقاط في مستوى أعلى من الحد الأعلى لحدود المراقبة يعد أمر طيب ويتعين تدعيمه.

وهناك – أيضا – حالات أخرى، مثل خرائط المراقبة لعدد الوحدات المعيبة أو نسبة الوحدات المعيبة ، نجد ان معيار عدم المطابقة للمواصفات يقتصر على النقاط على تقع في مستوى أعلى من الحد الأعلى لحد المراقبة.

النوع الأول: خرائط المتغيرات Variables Chart

أولاً: خريطة الوسط الحسابي [X - bar Chart]

عند بناء خرائط الوسط الحسابي لعملية إنتاجية معينة: يتم سحب عدد (**K**) من العينات بحيث تتضمن كل عينة (**n**) وحدة. هنا يجب أن نفرق بين (**3**) حالات:

أ) في حالة معلومية كل من: الوسط الحسابي للمجتمع (μ)، الانحراف المعياري للمجتمع (σ): هنا يتم حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة كما يلي:

$$UCL = \mu + \left(\frac{3\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

$$CL = \mu$$

$$LCL = \mu - \left(\frac{3\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

2) في حالة أن يكون الوسط الحسابي للمجتمع (μ) مجهول، ولكن الانحراف المعياري للمجتمع (σ) معلوم: في هذه الحالة نستبدل (μ) بـ ($\bar{\bar{X}}$)، ويتم حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة كما يلي:

$$UCL = \bar{\bar{X}} + \left(\frac{3\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

$$CL = \overline{\overline{X}}$$

$$LCL = \overline{\overline{X}} - \left(\frac{3\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

حيث $\overline{\overline{X}}$: المتوسط العام.

3) أما في حالة أن يكون الانحراف المعياري للمجتمع (σ) غير معلوم: يقدم برنامج الـ **Minitab** ثلاثة بدائل لحساب أو تقدير الانحراف المعياري للمجتمع :

البديل الأول : **استخدام (R- bar)**

يتم حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة كما يلي :

$$UCL = \mu + \left(A_2\ \overline{R}\right)$$

$$CL = \mu$$

$$LCL = \mu - \left(A_2\ \overline{R}\right)$$

حيث :

($\overline{R}$) : تمثل متوسط الأمدية = [مدى العينة الأولى + مدى العينة الثانية + ... + مدى العينة (**K**)] ÷ عدد العينات (**K**) .

A_2 : قيمة يتم إستخراجها من جدول خاص لمعالم خرائط المراقبة.

البديل الثانى : **إستخدام (S - bar)**

يتم حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة كما يلي :

$$UCL = \mu + \left(\frac{3\,\bar{s}}{\sqrt{n}} \right)$$

$$CL = \mu$$

$$LCL = \mu - \left(\frac{3\,\bar{s}}{\sqrt{n}} \right)$$

حيث :

$\bar{S}$: متوسط الانحرافات المعيارية للعينات [الانحراف المعياري للعينة الأولى + الانحراف المعياري للعينة الثانية + ... + الانحراف المعياري للعينة (K) ÷ عدد العينات (K)].

البديل الثالث: الانحراف المعياري المشترك (التجميعي)

Pooled Standard Deviation

يتم حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة كما يلي :

$$UCL = \mu + \left(\frac{3\,(S)\,pooled}{\sqrt{n}} \right)$$

$$CL = \mu$$

$$LCL = \mu - \left(\frac{3\,(S)\,pooled}{\sqrt{n}} \right)$$

حيث :

$(S)\,pooled$: يتم حسابها كما يلي :

$$(S)pooled = \sqrt{\frac{(n-1)\left(S_1^2 + S_2^2 + \dots\dots\dots + S_k^2\right)}{K(n-1)}}$$

S_1^2 : تباين العينة الأولى .

S_2^2 : تباين العينة الثانية .

S_k^2 : تباين العينة الأخيرة.

وغنى عن البيان : أنه في حالة أن يكون متوسط المجتمع (μ) غير معلوم (في البدائل الثلاثة الأخيرة)، فإننا نستبدله بالمتوسط العام ($\overline{\overline{X}}$) .

مثال [1] : [في حالة معلومية كل من : الوسط الحسابي ، والانحراف المعياري للمجتمع]

بفرض أنه يرغب أحد المصانع التي تنتج المصابيح الكهربائية في بناء خريطة مراقبة الإنتاج للوســط الحسابي (**X-bar Chart**) للتأكد من سير العملية الإنتاجية وفقاً لمواصفات جودة الإنتاج التي تحددها إدارة الإنتاج بالمصنع . فقام مدير الإنتاج بسحب (**4**) وحدات يومياً ولمدة (**10**) يوم [اى أن (**k=10**) ، (**n=4**)] . والجدول التالي يوضح عمر هذه المصابيح :

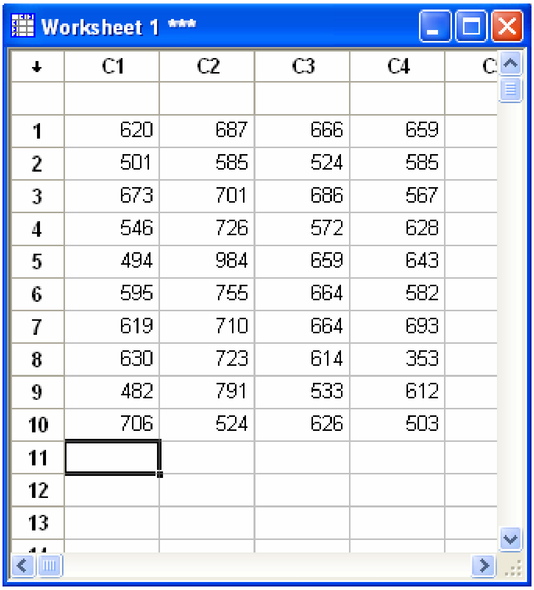
المطلوب :

رسم خريطة مراقبة الإنتاج للوسط الحسابي (**X-bar Chart**) في هذا المصنع.
مع العلم بأن متوسط عمر المصباح من إنتاج هذا المصنع يساوى **600** ساعة ، بإنحراف معيارى **80** ساعة.

العينات	الوحدة (1)	الوحدة (2)	الوحدة (3)	الوحدة (4)
1	620	687	666	659
2	501	585	524	585
3	673	701	686	567
4	546	726	572	628
5	494	984	659	643
6	595	755	664	582
7	619	710	664	693
8	630	723	614	353
9	482	791	533	612
10	706	524	626	503

الخطوات:

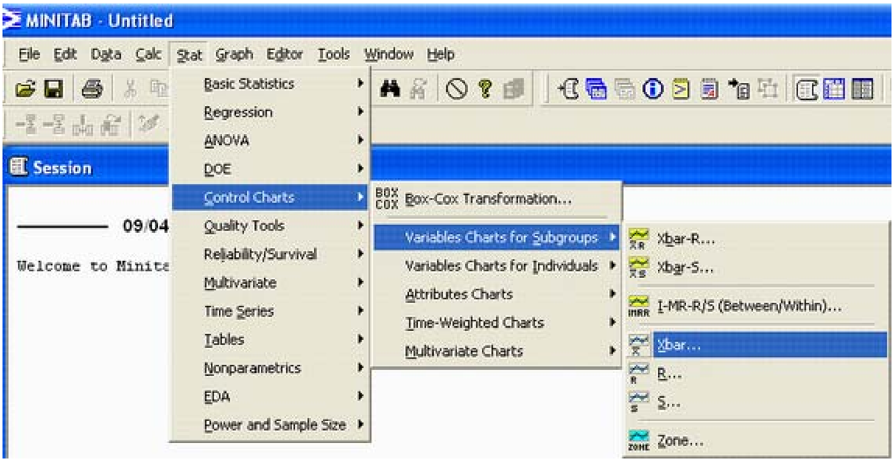
أ) إدخال البيانات:



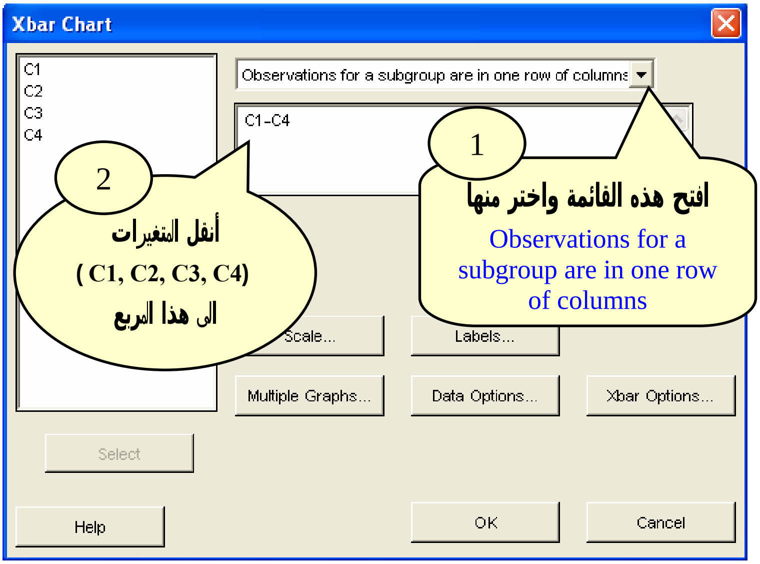
Worksheet 1 ***

↓	C1	C2	C3	C4
1	620	687	666	659
2	501	585	524	585
3	673	701	686	567
4	546	726	572	628
5	494	984	659	643
6	595	755	664	582
7	619	710	664	693
8	630	723	614	353
9	482	791	533	612
10	706	524	626	503
11				
12				
13				

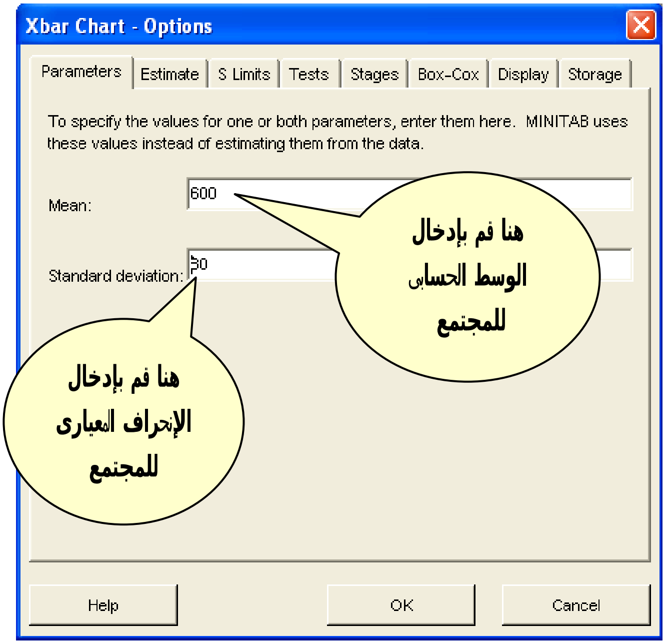
2) افتح قائمة **Stat**، ومن القائمة الفرعية لـ **Control Charts** افتح القائمة الفرعية **Variables Charts for Subgroups** ومنها اختر **Xbar Chart**، كما هو موضح بالشكل التالي:



3) سوف يظهر المربع الحواري التالي:

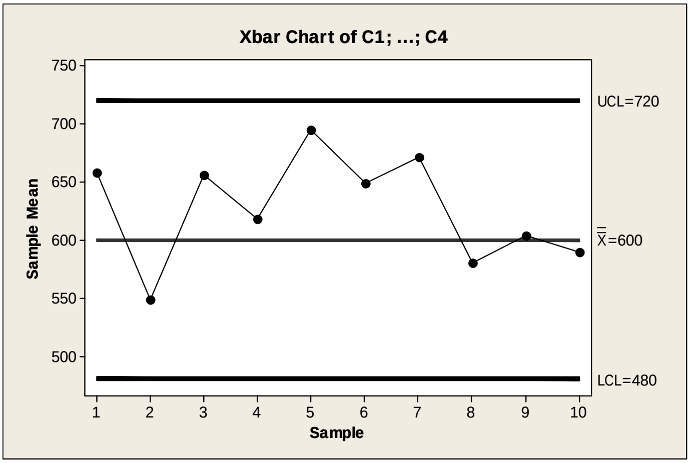


4) ثم أنقر فوق الاختيار **Xbar Options** سوف يظهر المربع الحواري التالي:



5) ثم اضغط **Ok** للعودة الى المربع الحواري الأساسي، وفيه اضغط **OK** .

6) سوف يظهر لنا خريطة الوسط الحسابي الموضحة بالشكل التالي:



طريقة حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة التي أمامنا:

أ) خط المنتصف (**CL**) : الوسط الحسابي للمجتمع يساوى (**600**).

2) الحد الأعلى للمراقبة (**UCL**) : تم حسابه كما يلي:

$$UCL = \mu + \left(\frac{3\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

$$= 600 + \left(\frac{3 \times 80}{\sqrt{4}}\right) = 720$$

3) الحد الأدنى للمراقبة (**LCL**) : تم حسابه كما يلي:

$$LCL = \mu - \left(\frac{3\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

$$= 600 - \left(\frac{3 \times 80}{\sqrt{4}}\right) = 480$$

التعليق:

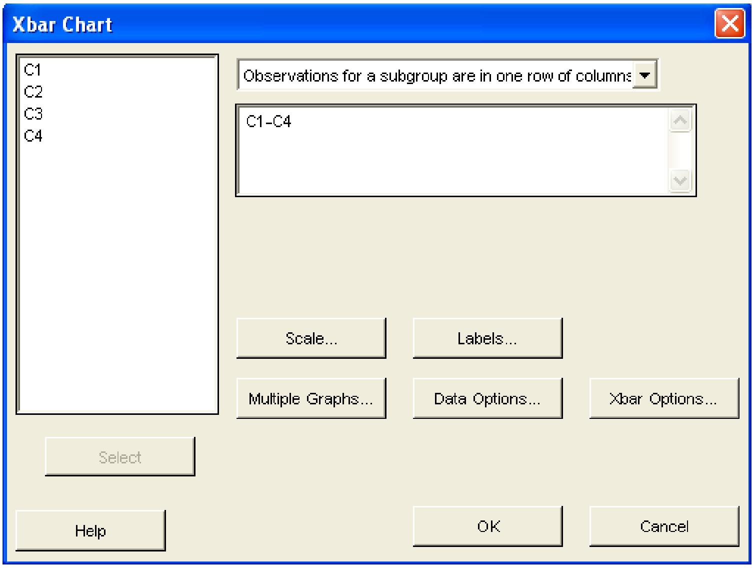
يلاحظ هنا عدم وجود نقاط أقل من الحد الأدنى للمراقبة، ومن ثم فإن العملية الإنتاجية تسير وفقا للمواصفات.

مثال [**2**] : [في حالة معلومية الانحراف المعياري فقط]

في المثال السابق: بفرض أن متوسط المجتمع غير معلوم ، في حين أن الانحراف المعياري يساوي (**45**). **المطلوب** رسم خريطة (**X-bar Chart**).

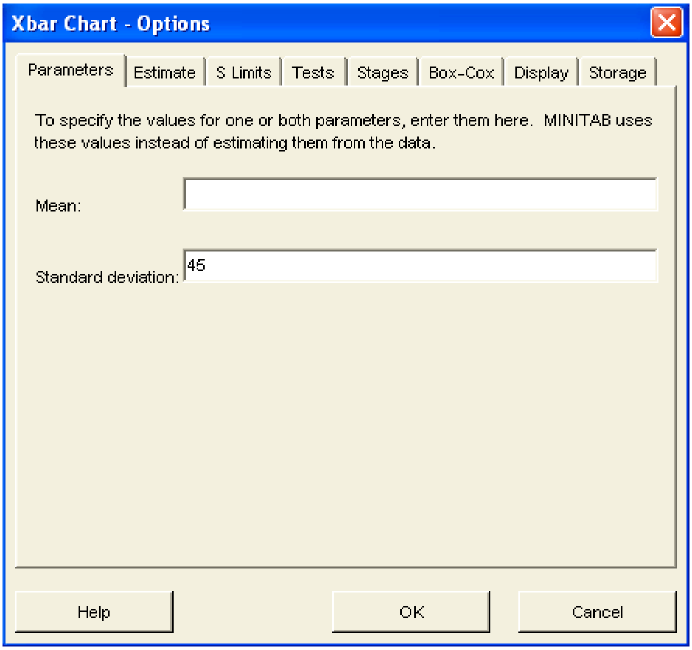
الخطوات:

أ) افتح قائمة **Stat**، ومن القائمة الفرعية لـ **Control Charts** افتح القائمة الفرعية **Variables Charts for Subgroups** ومنها اختر **Xbar Chart** ، سوف يظهر المربع الحواري التالي:



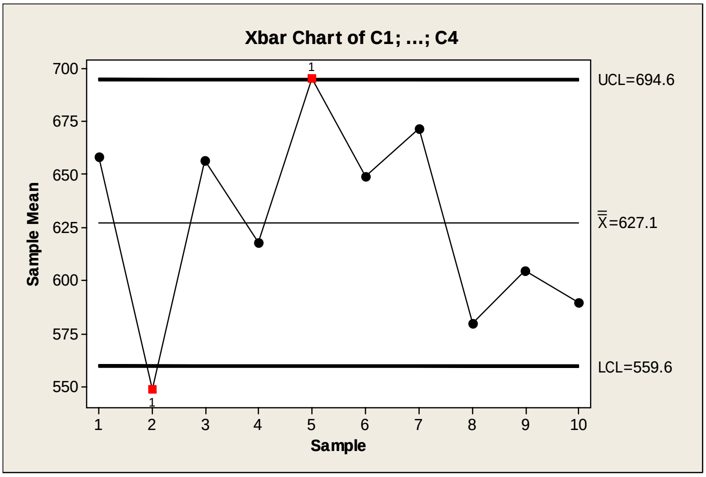
يتم الإبقاء على الاختيارات الموجودة في هذا المربع الحواري.

2) ثم أنقر فوق الاختيار **Xbar Options** ، سيظهر المربع الحواري التالي:



في هذا المربع الحواري:

- قم بحذف أى قيمة موجودة في خانة **Mean**.
- وفي خانة **Standard deviation**: قم بإدخال القيمة الجديدة للإنحراف المعياري للمجتمع (**45**).
- ثم اضغط **OK** للعودة الى المربع الحواري السابق ، وفيه اضغط **OK** ، سوف يظهر لنا خريطة (**X-bar Chart**) ، كما هو موضح بالشكل التالي:



طريقة حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة :

أ) خط المنتصف (**CL**) : يتم حسابه كما يلي :

المتوسط العام ($\overline{\overline{X}}$) = مجموع القيم ÷ إجمالي عدد المشاهدات

$$CL = \overline{\overline{X}}$$
$$= 25085 \div 40 = 627.1$$

2) الحد الأعلى للمراقبة (**UCL**) : تم حسابه كما يلي :

$$UCL = \overline{\overline{X}} + \left(\frac{3\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$
$$= 627.1 + \left(\frac{3 \times 45}{\sqrt{4}}\right) = 694.6$$

3) الحد الأدنى للمراقبة (**LCL**) : تم حسابه كما يلي:

$$LCL = \overline{\overline{X}} - \left(\frac{3\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$
$$= 627.1 - \left(\frac{3 \times 45}{\sqrt{4}}\right) = 559.6$$

التعليق: يلاحظ من خريطة مراقبة الجودة السابقة أن:

هناك نقطتين تقع خارج نطاق حدى المراقبة: النقطة الأولى تمثل العينة رقم (**2**) ، نجد أنها أقل من الحد الأدنى للمراقبة (**LCL**) وهى تمثل مشكلة يتعين على مدير الإنتاج تحديد سبب هذا الانحراف لتقديم العلاج المناسب. أما النقطة الثانية فهى تمثل العينة رقم (**5**) تمثل إنحراف إيجابى يتعين – أيضاً – دراسة أسباب هذا الانحراف ولكن بهدف تدعيمه.

مثال [**3**]: [في حالة أن يكون كل من المتوسط والانحراف المعياري للمجتمع مجهولين]:

بهدف تقييم جودة الإنتاج في أحد مصانع السكر، تم سحب (**15**) عينة من إنتاج هذا المصنع خلال الأسبوعين الماضيين، وكل عينة تتضمن (**3**) عبوات من أكياس السكر. والجدول التالي يوضح وزن أكياس السكر في هذه العينات: فإذا كان الوزن المثالى للعبوة الواحدة (للكيس الواحد) هو **1000** جرام.

المطلوب:

رسم خريطة مراقبة جودة الإنتاج للمتوسط وذلك في الحالات التالية:

أ– باستخدام (**R- bar**).

ب– باستخدام (**S - bar**).

ج– الانحراف المعياري المشترك (التجميعي) **Pooled Standard Deviation**

رقم العينة	الوحدة (1)	الوحدة (2)	الوحدة (3)
1	1044	992	1013
2	929	981	937
3	923	925	987
4	1016	1022	994
5	974	991	900
6	1022	925	904
7	984	1032	1045
8	900	959	1040
9	976	1023	1018
10	916	1031	1049
11	1017	948	1016
12	1045	925	1024
13	915	907	927
14	972	914	957
15	990	1044	947

لاحظ في هذا المثال:

أن متـوسط المجتمع معـلوم (μ) ويساوى **1000** جرام، أما الانحراف المعياري للمجتمع (σ) فهو غير معلوم.

الحالة الأولى: باستخدام (R- bar):

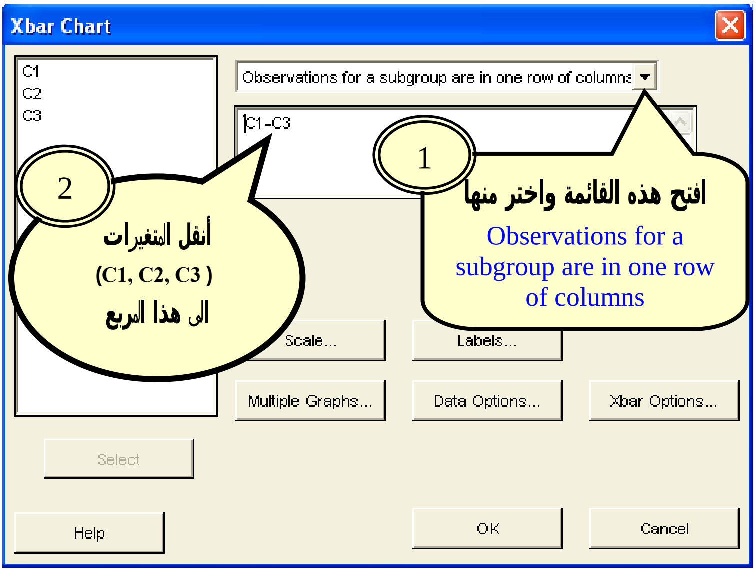
الخطوات:

أ) إدخال البيانات : يتم إدخال البيانات ، كما يلي :

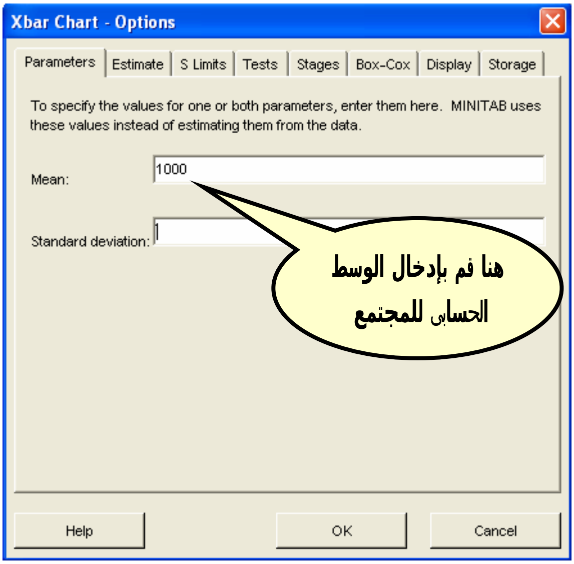
Worksheet 1 ***

↓	C1	C2	C3	C4
1	1013	992	1044	
2	937	981	929	
3	987	925	923	
4	994	1022	1016	
5	900	991	974	
6	904	925	1022	
7	1045	1032	984	
8	1040	959	900	
9	1018	1023	976	
10	1049	1031	916	
11	1016	948	1017	
12	1024	925	1045	
13	927	907	915	
14	957	914	972	
15	947	1044	990	
16				
17				

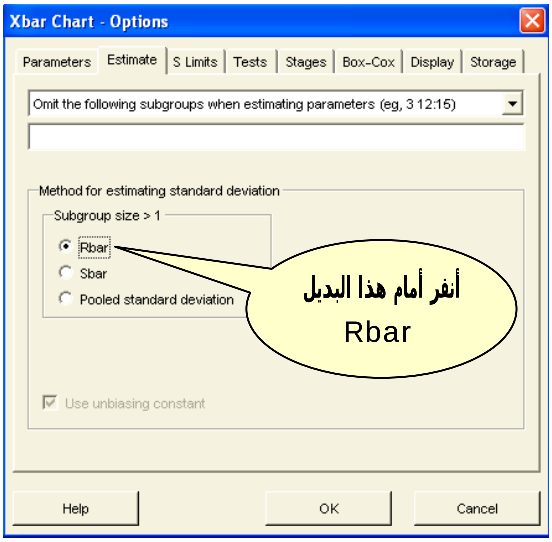
2) افتح قائمة **Stat**، ومن القائمة الفرعية لـ **Control Charts** افتح القائمة الفرعية **Variables Charts for Subgroups** ومنها اختر الأمر **Xbar Chart**، سوف يظهر المربع الحواري التالي :



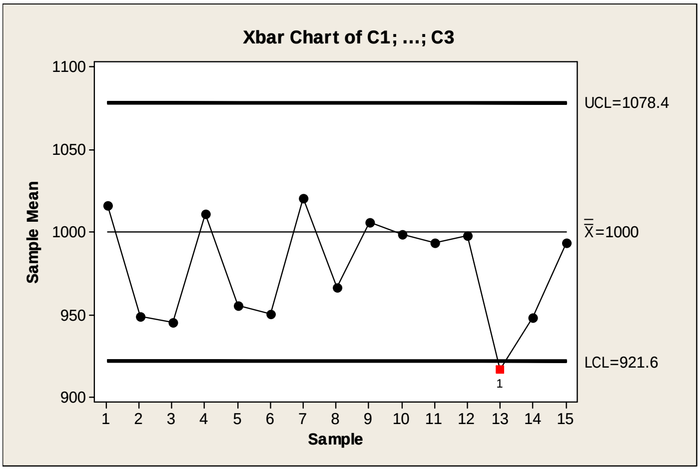
3) ثم أنقر فوق الاختيار **Xbar Options**، سوف يظهر المربع الحواري التالي:



وفي نفس المربع الحواري الذي أمامك: أنقر فوق الاختيار **Estimates** [الذي يتضمن البدائل الثلاثة المختلفة عندما يكون الانحراف المعياري للمجتمع مجهول] ، سيظهر لنا المربع الحواري التالي:



4) ثم اضغط **OK** للعودة الى المربع الحواري الأساسي، وفيه اضغط **OK** ، سيظهر لنا خريطة مراقبة الجودة التالية :



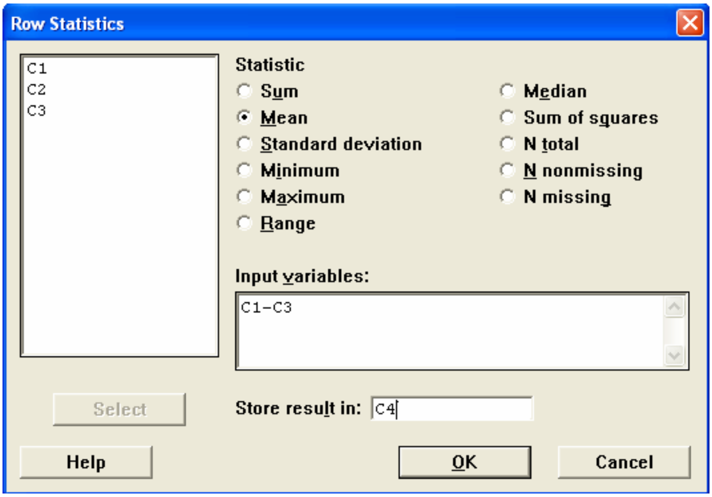
التعليق:

توضح خريطة مراقبة الجودة أن: الإنتاج في هذا المصنع لايسير وفقاً لمواصفات الجودة المحددة من جانب إدارة المصنع، حيث أن العينة رقم (**13**) قد تجاوزت الحد الأدنى للمراقبة .

طريقة حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة:

لتوضيح أسلوب حساب الحدود السابقة يفضل حساب الوسط الحسابي والانحراف المعياري والمدى لكل عينة (أي لكل صف من الصفوف)، كما يلي :

أ) افتح قائمة **Calc**، ومنها اختر **Row Statistics**، سوف يظهر المربع الحواري التالي:



في المربع الحواري الذي أمامك:

- أنقر أمام **Mean** .
- ثم قم بنقل (C1 ,C2 ,C3) الى المربع الذي بعنوان **Input variables.**
- في خانة **Store result in**: أدخل (C4) وهو العمود الذي سيتضمن الأوساط الحسابية التي تم حسابها لكل عينة .

2) ثم اضغط **OK** ، ستجد أنه قد تم حساب الوسط الحسابي لكل عينة في العمود **C4** ، نـذهب الى ورقة العمل ونقوم بتسمية هذا العمود بــ (**Mean**) ، كما هو موضح بالشكل التالي :

Worksheet 1 ***

↓	C1	C2	C3	C4
				Mean
1	1013	992	1044	1016.33
2	937	981	929	949.00
3	987	925	923	945.00
4	994	1022	1016	1010.67
5	900	991	974	955.00
6	904	925	1022	950.33
7	1045	1032	984	1020.33
8	1040	959	900	966.33
9	1018	1023	976	1005.67
10	1049	1031	916	998.67
11	1016	948	1017	993.67
12	1024	925	1045	998.00
13	927	907	915	916.33
14	957	914	972	947.67
15	947	1044	990	993.67
16				
17				

3) ثم قم بتكرار نفس الخطوات السابقة لحساب الانحراف المعياري **Standard deviation** على أن تكون النتائج في خانة (**C5**)، ثم بعد ذلك يتم حساب المدى **Range** في خانة (**C6**)، بحيث بعد الإنتهاء من ذلك تكون ورقة العمل **Worksheet** أصبحت على الشكل التالي:

Worksheet 1 ***

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6
				Mean	Standard Deviation	Range
1	1013	992	1044	1016.33	26.1598	52
2	937	981	929	949.00	28.0000	52
3	987	925	923	945.00	36.3868	64
4	994	1022	1016	1010.67	14.7422	28
5	900	991	974	955.00	48.3839	91
6	904	925	1022	950.33	62.9471	118
7	1045	1032	984	1020.33	32.1299	61
8	1040	959	900	966.33	70.2875	140
9	1018	1023	976	1005.67	25.8134	47
10	1049	1031	916	998.67	72.1549	133
11	1016	948	1017	993.67	39.5517	69
12	1024	925	1045	998.00	64.0859	120
13	927	907	915	916.33	10.0664	20
14	957	914	972	947.67	30.1054	58
15	947	1044	990	993.67	48.6038	97
16						
17						

- خط المنتصف **(CL)**: الوسط الحسابي للمجتمع(μ) وهو معلوم، ويساوي **1000**، لذا نجد أن القيمة المقابلة لهذا الخط:

$$CL = \mu$$
$$= 1000$$

- الحد الأعلى للمراقبة **(UCL)** : تم حسابه كما يلي :

$$UCL = \mu + \left(A_2\ \overline{R}\right)$$
$$= 1000 + (1.022 \times 76.67)$$
$$= 1078.4$$

$\overline{R}$: متوسط الأمدية أى متوسط العمود **(C6)** الذي يتضمن مدى كل عينة من العينات

A_2 : من جدول العوامل لخريطة المتوسط **Factor for X-Chart** ، وذلك أمام حجم العينة **(n=3)** ، نجد انها تساوى **1.022** [هذا الجدول مرفق في نهاية الفصل] .

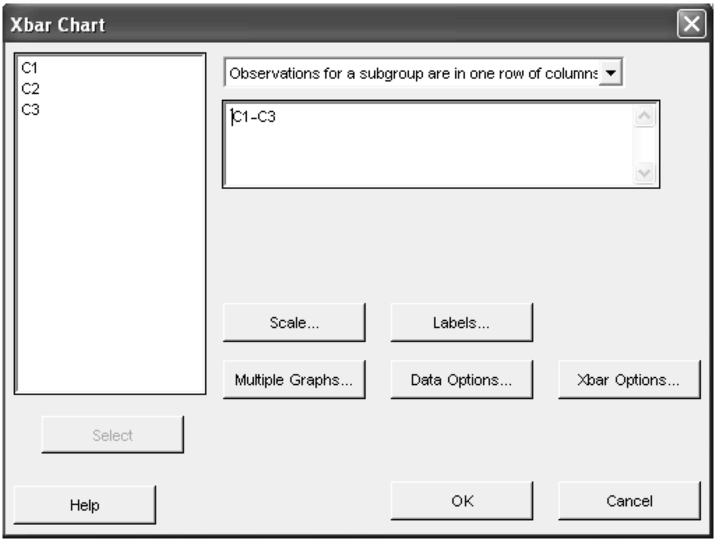
- الحد الأدنى للمراقبة (**LCL**) : تم حسابه كما يلي

$$LCL = \mu - \left(A_2\ \overline{R}\right)$$
$$= 1000 - \left(1.022 \times 76.67\right)$$
$$= 921.6$$

الحالة الثانية : بإستخدام (S - bar).

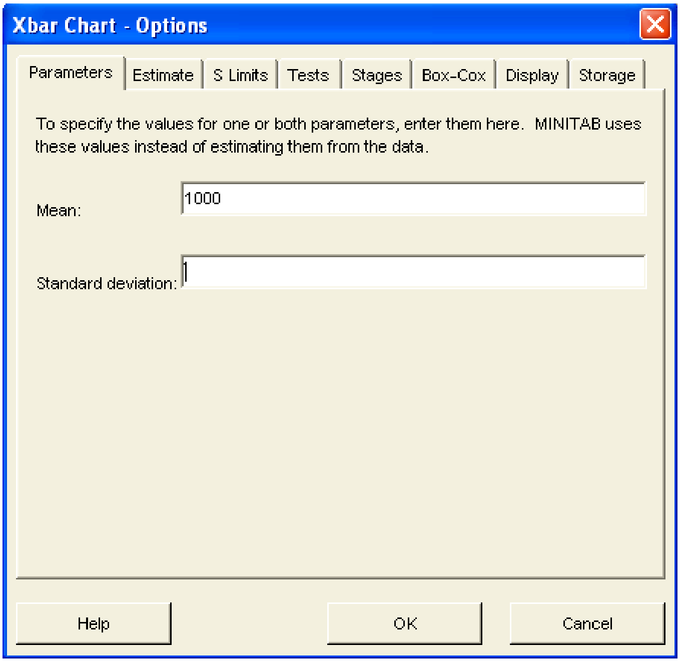
الخطوات:

أ) افتح قائمة **Stat**، ومن القائمة الفرعية لـ **Control Charts** افتح القائمة الفرعية **Variables Charts for Subgroups** ومنها اختر الأمــر **Xbar Chart** ، سوف يظهر المربع الحواري التالي:



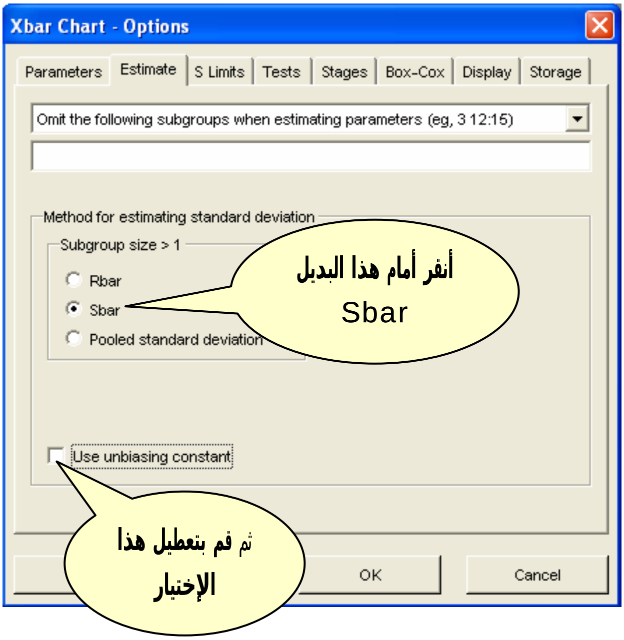
يتم الإبقاء على الاختيارات الموجودة في هذا المربع الحواري.

2) ثم أنقر فوق الاختيار **Xbar Options**، سوف يظهر المربع الحواري التالي:

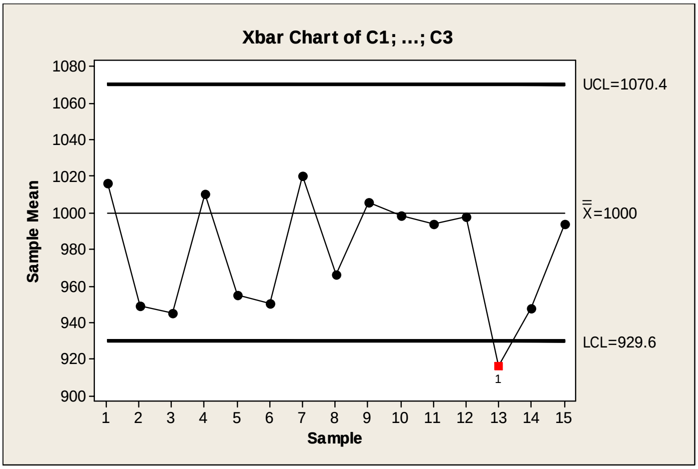


أيضا يتم الإبقاء على الوضع الحال .

3) ثم أنقر فوق الاختيار **Estimates** [الذي يتضمن البدائل الثلاثة المختلفة عندما يكون الانحراف المعياري للمجتمع مجهول] سيظهر لنا المربع الحواري التالي:



4) ثم اضغط **OK** للعودة الى المربع الحواري الأساسي، وفيه اضغط **OK** ، سيظهر لنا خريطة مراقبة الجودة التالية :



التعليق :

توضح خريطة مراقبة الجودة أن الإنتاج في هذا المصنع لايسير وفقاً لمواصفات الجودة المحددة من جانب إدارة المصنع، حيث أن العينة رقم (**13**) قد تجاوزت الحد الأدنى للمراقبة.

طريقة حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة:

أ) خط المنتصف (**CL**): الوسط الحسابي للمجتمع (μ) وهو معلوم، حيث انه يساوى **1000** لذا نجد أن القيمة المقابلة لهذا الخط

$$
\begin{aligned}
CL &= \mu \\
&= 1000
\end{aligned}
$$

2) الحد الأعلى للمراقبة (**UCL**) : تم حسابه كما يلي :

$$
\begin{aligned}
UCL &= \mu + \left(\frac{3\,\bar{s}}{\sqrt{n}} \right) \\
&= 1000 + \left(\frac{3 \times 40.36}{\sqrt{3}} \right) \\
&= 1037.4
\end{aligned}
$$

$\bar{S}$: هى عبارة عن متوسط الانحرافات المعيارية للعينات [أى أنها متوسط القيم الموجودة في العمود (**C5**)].

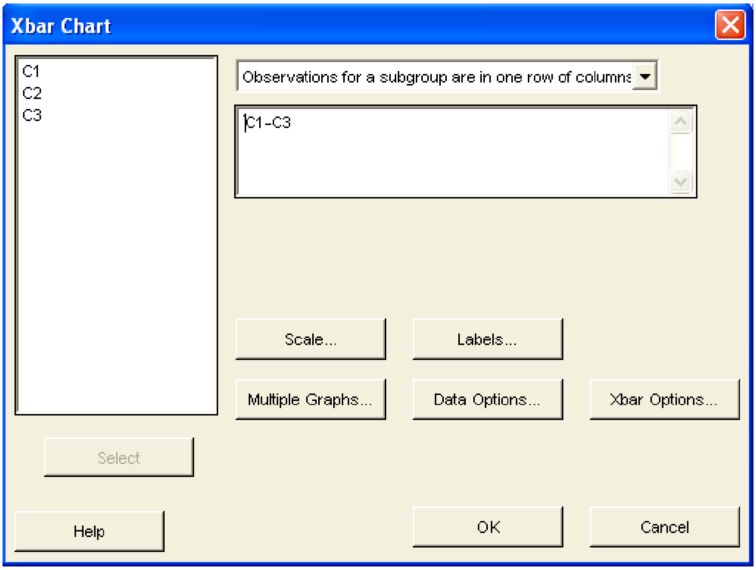
3) الحد الأدنى للمراقبة (**LCL**): تم حسابه كما يلي:

$$UCL = \mu - \left(\frac{3\,\bar{s}}{\sqrt{n}}\right)$$
$$= 1000 - \left(\frac{3 \times 40.36}{\sqrt{3}}\right)$$
$$= 929.6$$

الحالة الثالثة : بإستخدام (Pooled Standard Deviation).

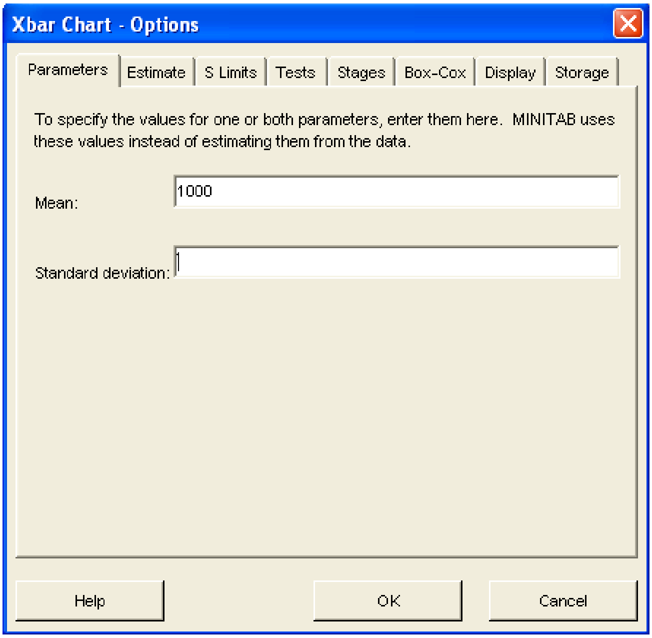
الخطوات:

أ) افتح قائمة **Stat**، ومن القائمة الفرعية لـ **Control Charts** افتح القائمة الفرعية **Variables Charts for Subgroups** ومنها اختر الأمر **Xbar Chart**، سوف يظهر المربع الحواري التالي:



يتم الإبقاء على الاختيارات السابقة .

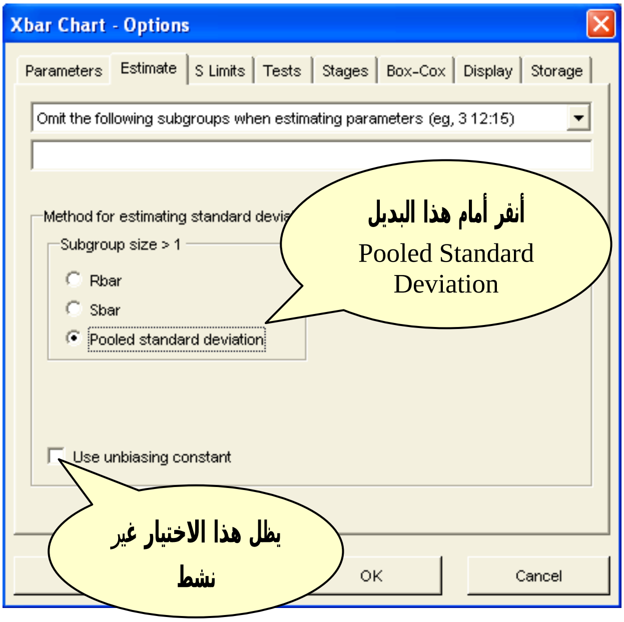
2) ثم أنقر فوق الاختيار **Xbar Options** سيظهر المربع الحواري التالي :



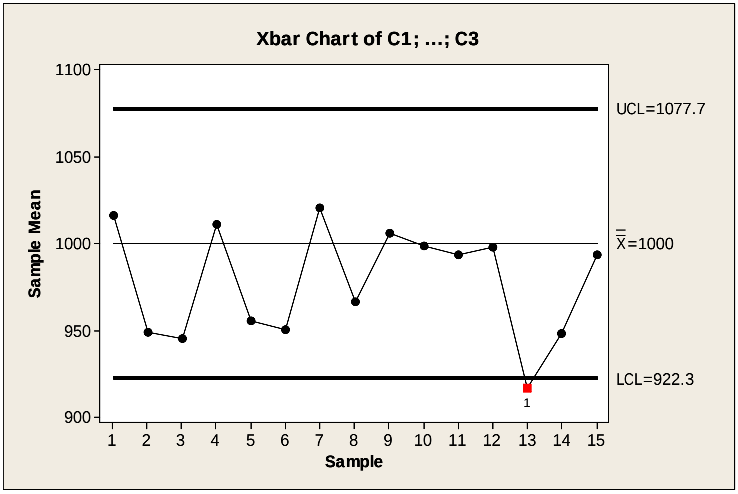
في هذا المربع الحواري:

- يتم الإبقاء على الوضع الحال [في خانة **Mean** تترك القيمة **1000** كما هي ، وخانة **Standard deviation** تترك خالية].
- ثم – في نفس المربع الحواري – نفتح الاختيار **Estimates** [الذي يتضمن البدائل الثلاثة المختلفة

عندما يكون الانحراف المعياري للمجتمع مجهول] سيظهر لنا المربع الحواري التالي:



3) ثم اضغط OK للعودة الى المــربع الحواري الأساسي، وفيه اضغط OK ، سيظهر لنا خريطة مراقبة الجودة التالية :



التعليق:

توضح خريطة مراقبة الجودة أن الإنتاج في هذا المصنع لايسير وفقاً لمواصفات الجودة المحددة من جانب إدارة المصنع، حيث أن العينة رقم (13) قد تجاوزت الحد الأدنى للمراقبة.

طريقة حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة:

أ) خط المنتصف (CL): الوسط الحسابي للمجتمع (μ) وهو معلوم ، حيث انه يساوى 1000 لذا نجد أن القيمة المقابلة لهذا الخط

$$CL = \mu$$
$$= 1000$$

2) الحد الأعلى للمراقبة (UCL) : تم حسابه كما يلي :

$$UCL = \mu + \left(\frac{3\,(S)\; pooled}{\sqrt{n}} \right)$$
$$= 1000 + \left(\frac{3 \times (44.780)}{\sqrt{3}} \right)$$
$$= 1077.7$$

$(S)\; pooled$: هى عبارة عن الانحراف المعياري.

$$(S) pooled = \sqrt{\frac{(n-1)\left(S_1^2 + S_2^2 + \dots\dots\dots + S_k^2\right)}{K(n-1)}}$$
$$= \sqrt{\frac{(3-1)(30200)}{15 \times (3-1)}}$$
$$= 44.780$$

3) الحد الأدنى للمراقبة (**LCL**): تم حسابه كما يلي:

$$UCL = \mu - \left(\frac{3\,(S)\; pooled}{\sqrt{n}} \right)$$
$$= 1000 - \left(\frac{3 \times (44.780)}{\sqrt{3}} \right)$$
$$= 922.3$$

ثانياً: خريطة الانحراف المعياري [S – Chart]

في هذا النوع من خرائط مراقبة الجودة: يتم فحص الانحراف المعياري لكل عينة من العينات لتحديد مدى وجود عينة شاذة تخرج عن النطاق المتوقع لحدود الانحرافات المعيارية في العملية الإنتاجية.

ملحوظة :

يشترط لاستخدام خريطة الانحراف المعياري أن يكون عدد العينات أكبر من أو تساوى (**9**). أما في حالة عدد العينات الأقل من (**9**) فإننا نستخدم نوع آخر من خرائط المراقبة وهو خريطة المدى **R – Chart** .

عند رسم خريطة الانحراف المعياري (**S – Chart**) ، يجب أن نفرق بين حالتين :

- في حالة أن يكون الانحراف المعياري للمجتمع معلوم.
- في حالة أن يكون الانحراف المعياري للمجتمع غير معلوم.

الحالة الأولى: في حالة معلومية الانحراف المعياري للمجتمع (σ) :

هنا يتم حساب حدود خريطة (**S – Chart**) كما يلي :

$$UCL = B_6\ \sigma$$

$$CL = C_4\ \sigma$$

$$LCL = B_5\ \sigma$$

مع ملاحظة أن :

B_6 ، B_5 ، C_4 قيم ثابتة يتم إستخراجها من جدول ثوابت خريطة الانحراف المعياري الموجود في نهاية هذا الفصل.

مثال [4]:

يقوم أحد المصانع التي تقوم بتعبئة المكرونة بتقييم الوضع الحالى لمستوى الجودة في العملية الإنتاجية من خلال رسم خريطة **S – Chart** ، وقد تم تجميع البيانات الموضحة بالجدول التالي لأحد خطوط الإنتاج :

رقم العينة	الوحدة (1)	الوحدة (2)	الوحدة (3)	الوحدة (4)	الوحدة (5)	الوحدة (6)	الوحدة (7)
1	951	1000	1005	1020	1000	974	960
2	1013	955	1004	1009	967	1030	991
3	1006	971	989	1002	988	998	994
4	1008	971	977	988	989	975	980
5	996	970	962	958	995	980	975
6	1026	968	960	961	1027	1030	964
7	988	956	965	988	979	970	996
8	983	995	1000	1008	952	1009	993
9	971	978	959	965	984	1023	962
10	950	989	1021	1024	970	1014	1009
11	987	959	993	965	1022	1012	1003
12	972	953	998	1011	1023	969	1029
13	961	960	975	1011	1019	978	972
14	1009	1006	991	976	1021	1009	955
15	954	982	1028	953	1000	983	969
16	981	986	1016	1028	987	961	1028
17	992	968	1000	1018	984	1021	979
18	963	1004	1002	956	1014	1008	957
19	966	951	972	1030	957	986	1024
20	1018	1004	1020	966	1024	959	981

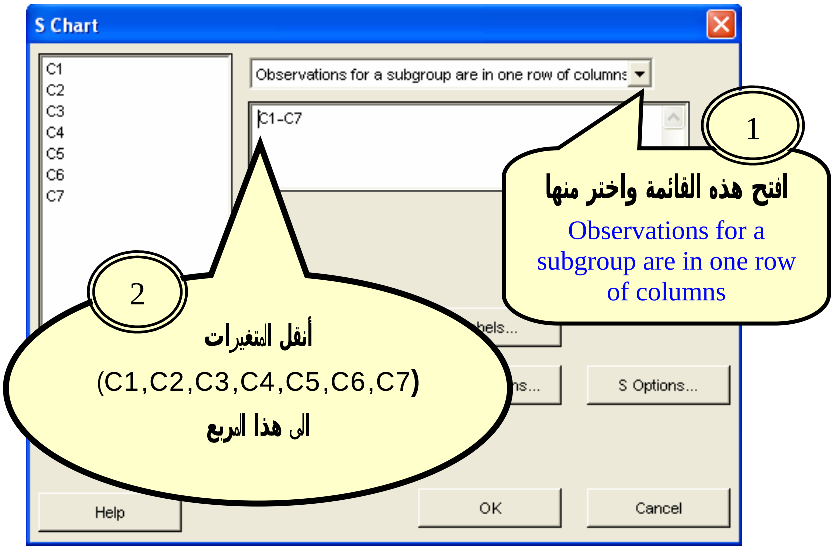
المطلوب :

رسم خريطة **S – Char** لهذه البيانات. مع العلم بأن حدود الانحراف المسموح به في الوزن من جانب الإدارة (± 20) جرام في العبوة الواحدة.

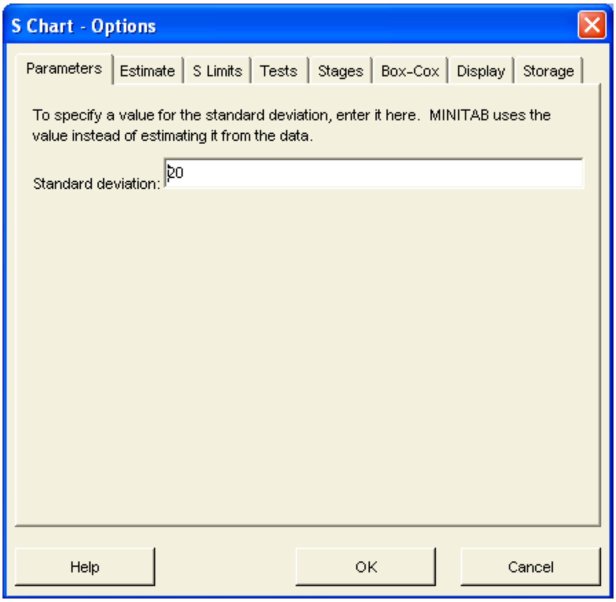
ملحوظة : عند رسم خريطة **S - Chart** لا نهتم بالوسط الحسابي.

الخطوات:

أ) افتح قائمة **Stat**، ومن القائمة الفرعية لـ **Control Charts** افتح القائمة الفرعية **Variables Charts for Subgroups** ومنها اختر الأمر **S** ، سوف يظهر المربع الحواري التالي:



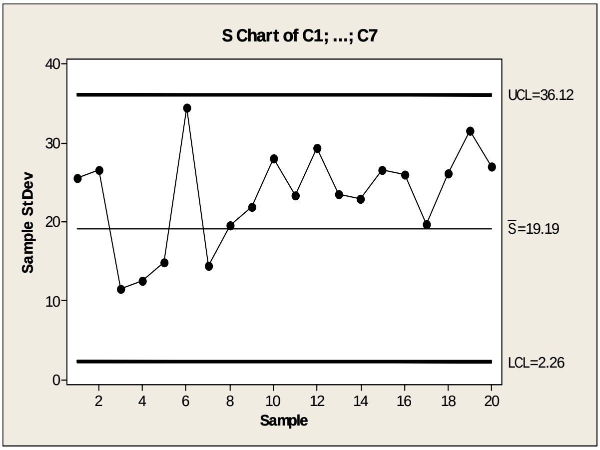
2) ثم أنقر فوق الاختيار **S Options**، سيظهر المربع الحواري التالي:



في هذا المربع الحواري :

- في خانة **Standard deviation** أدخل القيمة (**20**).
- ثم اضغط **OK** للعودة الى المربع الحواري السابق.

3) ثم اضغط **OK** ، سيظهر لنا خريطة مراقبة الجودة التالية :



طريقة حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة :

- خط المنتصف (**CL**) :

$$CL = C_4\ \sigma$$
$$= 0.9594 \times 20$$
$$= 19.19$$

- الحد الأعلى للمراقبة (**UCL**) : تم حسابه كما يلي :

$$UCL = B_6\ \sigma$$
$$= 1.806 \times 20$$
$$= 36.12$$

- الحد الأدنى للمراقبة (**LCL**) : تم حسابه كما يلي :

$$LCL = B_5\ \sigma$$
$$= 0.113 \times 20$$
$$= 2.26$$

الحالة الثانية : في حالة أن يكون الانحراف المعياري للمجتمع (σ) **غير معلوم**:

في هذه الحالة يمكن رسم خريطة (**S - Chart**) بطريقتين :

الطريقة الأولى: باستـخدام متـوسط الانحرافات المعيـارية للعيـنات (**S - bar**).

وهنا يتم حساب حدود خريطة مراقبة الجودة كما يلي :

$$UCL = B_6\ \frac{\bar{s}}{C4}$$

$$CL = \bar{S}$$

$$LCL = B_5\ \frac{\bar{s}}{C4}$$

حيث :

$\bar{S}$: متوسط الانحرافات المعيارية للعينات.

الطريقة الثانية: باستخدام الانحراف المعياري المشترك (التجميعي) **Deviation Pooled Standard** .

في ظل هذه الطريقة : يتم حساب حدود خريطة مراقبة الجودة كما يلي:

$$UCL = B_6 \frac{(S)\ pooled}{C4}$$

$$CL = (S)\ pooled$$

$$LCL = B_5 \frac{(S)\ pooled}{C4}$$

حيث :

$(S)\ pooled$: الانحراف المعياري التجميعى. يتم حسابها بنفس القانون الذي تم استخدامه في خريطة مراقبة الوسط الحسابة ، أى أنه يتم حسابه وفقا للقاعدة الأتية :

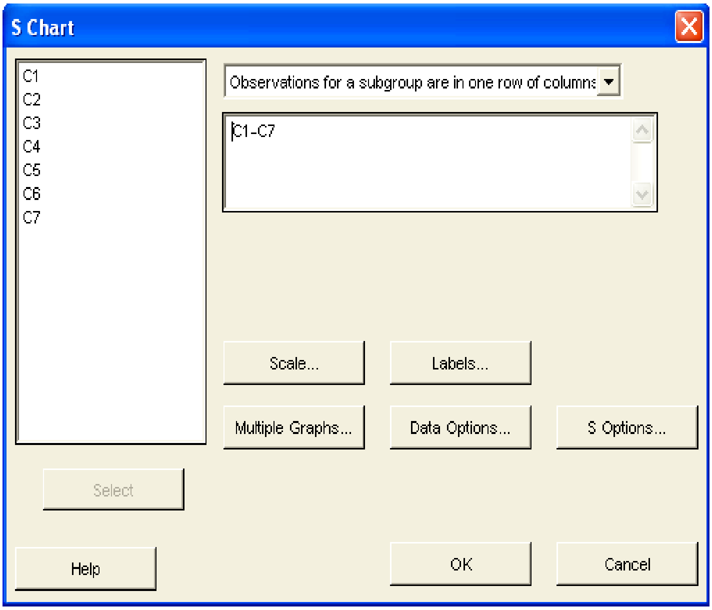
$$(S)pooled = \sqrt{\frac{(n-1)\left(S_1^2 + S_2^2 + \ldots\ldots\ldots + S_k^2\right)}{K(n-1)}}$$

مثال [5]

في المثال السابق ، بفرض أنه لم يتوافر بيان بشأن الانحراف المعياري لوزن العبوة في ذلك المصنع. **المطلوب**: رسم خريطة **S – Chart** [بإستخدام متوسط الانحرافات المعيارية للعينات (**S - bar**)].

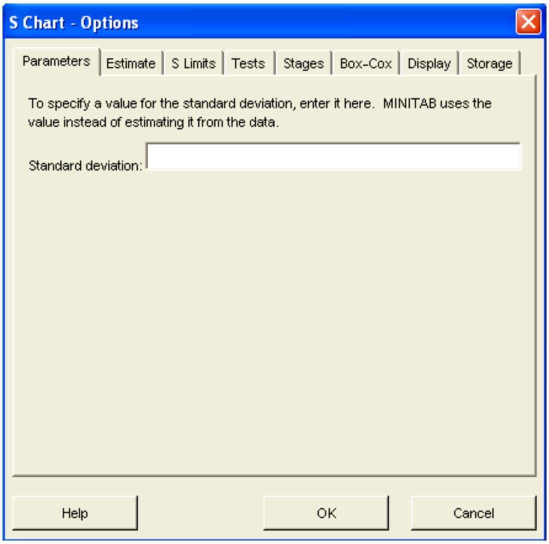
الخطوات:

أ) افتح قائمة **Stat**، ومن القائمة الفرعية لـ **Control Charts** افتح القائمة الفرعية **Variables Charts for Subgroups** ومنها اختر الأمر **S** ، سوف يظهر المربع الحواري التالي:



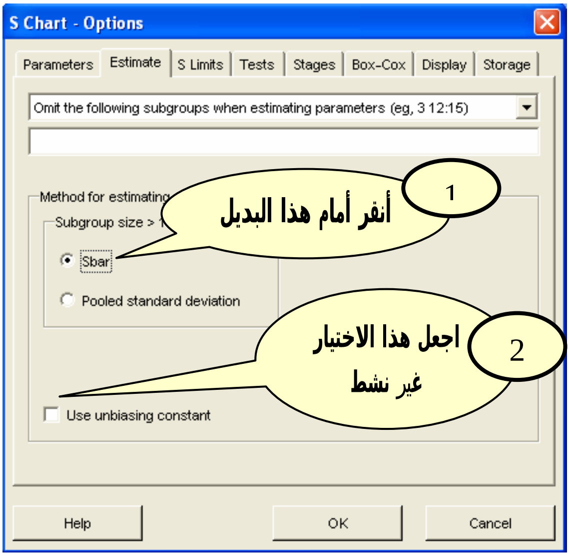
يتم الإبقاء على الاختيارات الموجودة كما هي .

2) ثم افتح الاختيار **S Options** ، سيظهر المربع الحواري التالي:

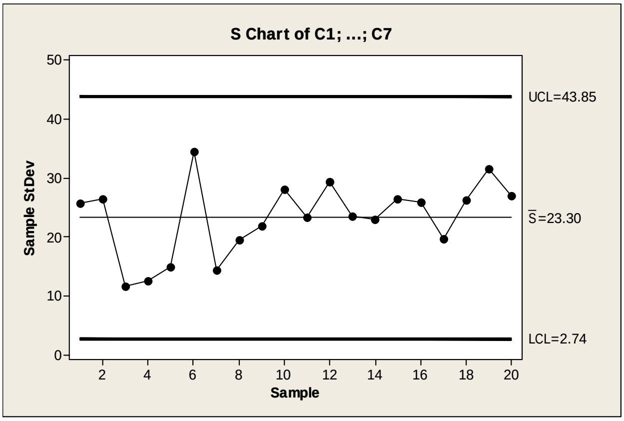


في هذا المربع الحواري :

- إجعل خانة **Standard deviation** فارغة، أى قم بحذف القيمة الموجودة في هذه الخانة.
- ثم أنقر فوق الاختيار **Estimate**، سوف يظهر المربع الحواري التالي:



3) ثم اضغط **OK** للعودة الى الـمربع الحواري الأساسي، وفيه اضغط **OK**، سيظهر لنا خريطة مراقبة الجودة التالية :



التعليق:

خريطة مراقبة الجودة توضح أن العملية الإنتاجية تسير وفقا للمواصفات، ولا توجد أى إنحرافات عن الوضع المثالى.

طريقة حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة :

- خط المنتصف (**CL**) :

$$CL = \bar{S}$$
$$= 23.3$$

لإيجاد قيمة $\bar{S}$: يتم حساب الانحراف المعياري لكل عينة ، ثم بحساب الوسط الحسابي لهذه الانحرافات المعيارية نجد انها تساوى (**23.3**) .

- الحد الأعلى للمراقبة (**UCL**) : تم حسابه كما يلي : –

$$UCL = B_6 \frac{\bar{S}}{C4}$$
$$= 1.806 \frac{23.3}{0.9594}$$
$$= 43.86$$

ملحوظة: قد نجد هناك اختلاف طفيف بين القيمة المحسوبة يدوياً والقيمة التي يوفرها الحاسب الآلي، وذلك بسبب عمليات التقريب – خاصة للقيم الجدولية.

- الحد الأدنى للمراقبة (**LCL**) : تم حسابه كما يلي:

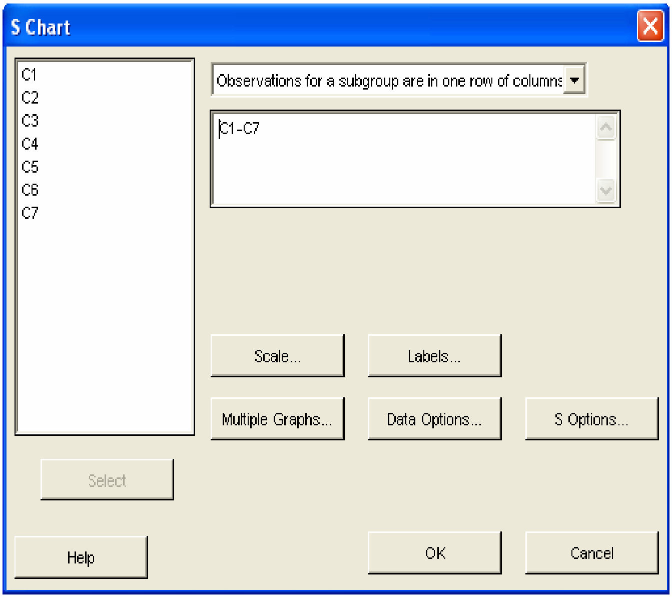
$$LCL = B_5 \frac{\bar{S}}{C4}$$
$$= 0.113 \frac{23.3}{0.9594}$$
$$= 2.74$$

مثال [**6**]

في نفس المثال السابق، **المطلوب**: رسم خريطة **S – Chart** [بإستخدام الانحراف المعياري التجميعي $(S)\ pooled$].

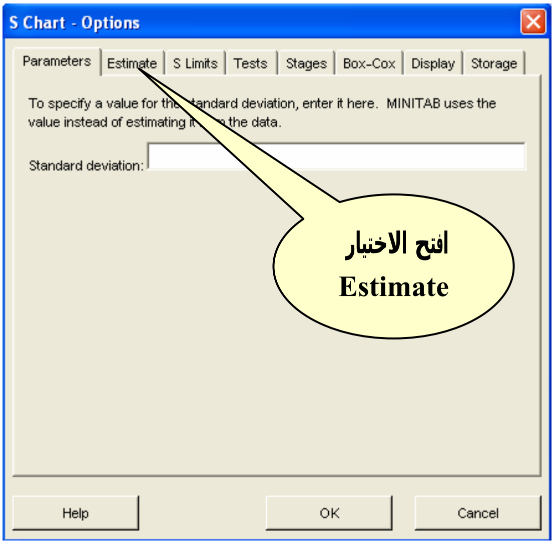
الخطوات:

أ) افتح قائمة **Stat**، ومن القائمة الفرعية لـ **Control Charts** افتح القائمة الفرعية **Variables Charts for Subgroups** ومنها اختر **S** ، سوف يظهر المربع الحواري التالي:

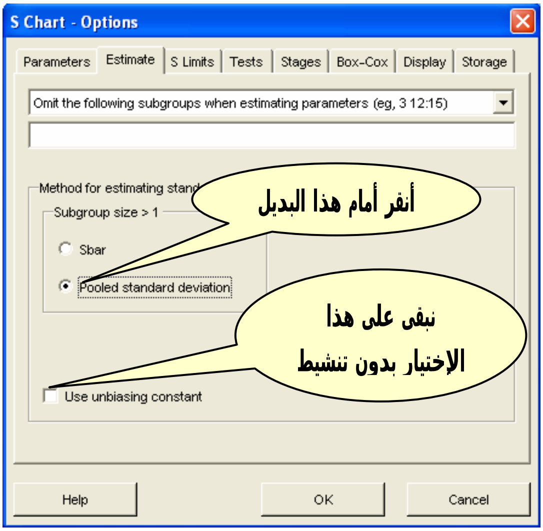


يتم الإبقاء على الاختيارات الحالية كما هي.

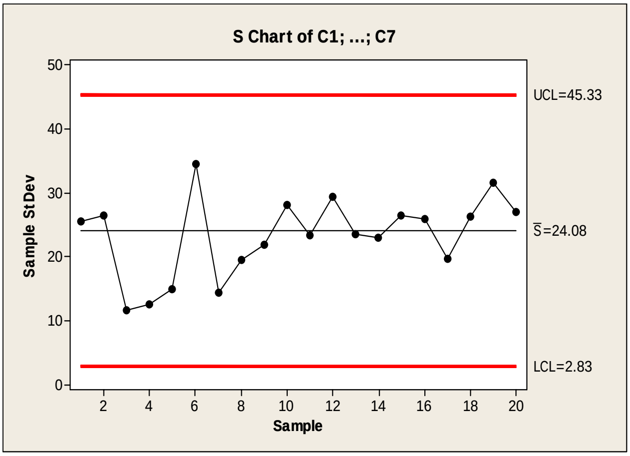
2) ثم أنقر بالماوس فوق الاختيار **S Options** ، سيظهر المربع الحواري التالي:



سوف يظهر المربع الحواري التالي:



3) ثم اضغط **OK** للعودة الى المربع الحواري الأساسي، وفيه اضغط **OK** ، سيظهر لنا خريطة مراقبة الجودة التالية :



التعليق:

خريطة مراقبة الجودة توضح أن العملية الإنتاجية تسير وفقا للمواصفات ، ولا توجد أى إنحرافات عن الوضع المثالى.

طريقة حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة:

- خط المنتصف (**CL**):

$$CL = (S)\ pooled$$

$$(S)pooled = \sqrt{\frac{(n-1)\left(S_1^2 + S_2^2 + \dots\dots\dots + S_k^2\right)}{K(n-1)}}$$

$$= \sqrt{\frac{(7-1)(11599.8)}{20(7-1)}} = 24.08$$

- الحد الأعلى للمراقبة (**UCL**) : تم حسابه كما يلي:

$$UCL = B_6 \frac{(S)\ pooled}{C4}$$
$$= 1.806 \frac{24.08}{0.9594}$$
$$= 45.33$$

- الحد الأدنى للمراقبة (**LCL**): تم حسابه كما يلي:

$$LCL = B_5 \frac{(S)\ pooled}{C4}$$
$$= 0.113 \frac{24.08}{0.9594}$$
$$= 2.83$$

ثالثاً: خريطة المدى [R – Chart]

تعتبر خريطة المدى بديلا لخريطة الانحراف المعياري. وتتسم هذه الطريقة بسهولة الفهم بالمقارنة بالانحراف المعياري، خاصة لغير المتخصصين في علم الإحصاء.

يتم حساب حدود خريطة المدى (R – Chart) كما يلي:

- خط المنتصف (**CL**) : يتم حسابه كما يلي:

$$CL = \overline{R}$$

- الحد الأعلى للمراقبة (**UCL**) ، يتم حسابه كما يلي:

$$UCL = D_4 \ \overline{R}$$

- الحد الأدنى للمراقبة (**LCL**)، يتم حسابه كما يلي:

$$LCL = D_3 \ \overline{R}$$

حيث :

$\overline{R}$: متوسط الأمدية = [مدى العينة الأولى + مدى العينة الثانية + ...

+ مدى العينة (**K**)] ÷ عدد العينات (**K**) .

D_3 , D_4 : قيم يتم إستخراجها من جدول خاص لمعالم خرائط المراقبة (موجود في نهاية هذا الفصل).

مثال [**7**]

المطلوب : رسم خريطة مراقبة للمدى (**R - Chart**) للبيانات التالية:

الوحدة (4)	الوحدة (3)	الوحدة (2)	الوحدة (1)	رقم العينة
970	1009	989	969	1
989	988	977	971	2
995	985	962	970	3
1027	968	960	968	4
979	988	965	955	5
952	1008	1000	995	6
984	965	959	978	7
970	1024	1021	988	8

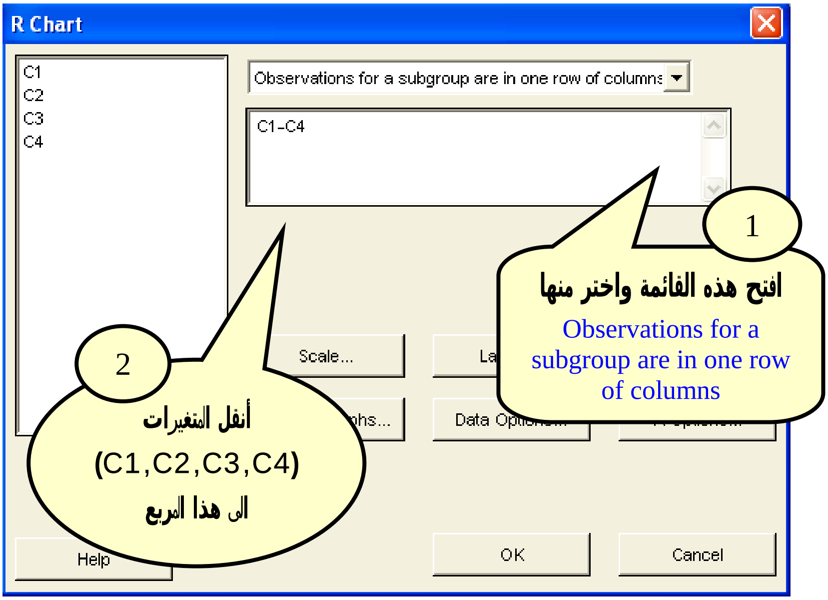
الخطوات:

أ) إدخال البيانات:

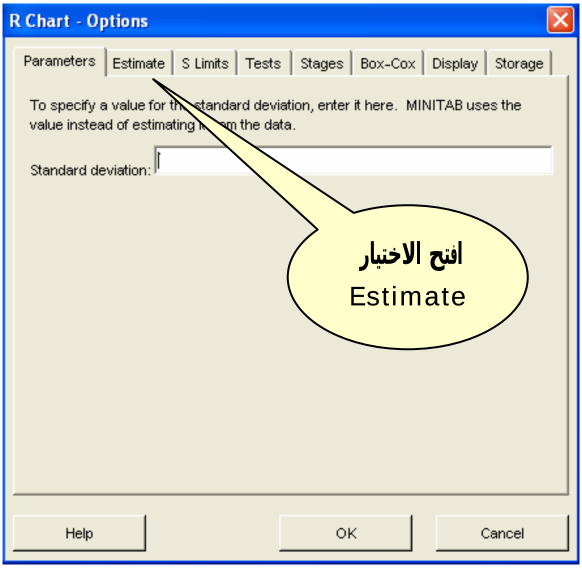
Worksheet 1 ***

↓	C1	C2	C3	C4	C5
1	969	989	1009	970	
2	971	977	988	989	
3	970	962	985	995	
4	968	960	968	1027	
5	955	965	988	979	
6	995	1000	1008	952	
7	978	959	965	984	
8	988	1021	1024	970	
9					

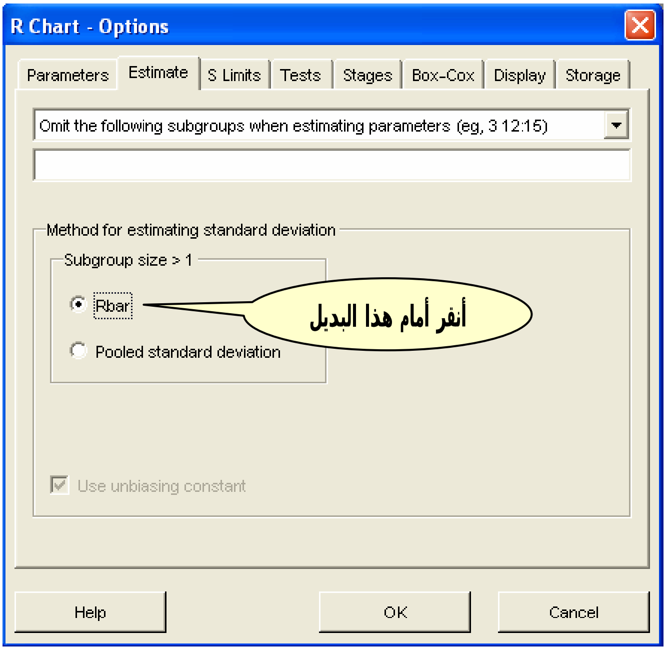
2) افتح قائمة **Stat**، ومن القائمة الفرعية لـ **Control Charts** افتح القائمة الفرعية **Variables Charts for Subgroups** ومنها اختر الأمر **R**، سوف يظهر المربع الحواري التالي:



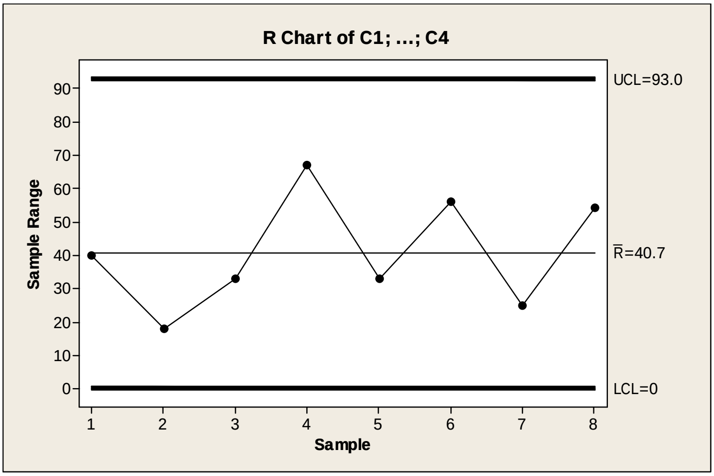
3) ثم أنقر فوق الاختيار **R Options** ، سيظهر المربع الحواري التالي:



سوف يظهر المربع الحواري التالي:



4) ثم اضغط **OK** للعودة الى المــربع الحواري الأساسي، وفيه اضغط **OK**، سيظهر لنا خريطة مراقبة الجودة التالية:



التعليق :

يلاحظ أنه في خريطة المدى (**R - Chart**) لايوجد أى نقطة تقع خارج حدى المراقبة وبالتالي فإن العملية الإنتاجية تسير في الإطار الطبيعي لها.

طريقة حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة :

- خط المنتصف (**CL**): يتم حسابه كما يلي:

$$CL = \overline{R}$$
$$= 40.57$$

- الحد الأعلى للمراقبة (**UCL**): يتم حسابه كما يلي:

$$UCL = D_4 \ \overline{R}$$
$$= 2.28 \times 40.57$$
$$= 92.4996 = 93$$

- الحد الأدنى للمراقبة (**LCL**): يتم حسابه كما يلي:

$$LCL = D_3 \ \overline{R}$$
$$= 0 \times 40.57 = 0$$

النوع الثاني: خرائط الخصائص Attributes Charts

أولاً : خريطة نسبة الوحدات المعيبة [P – Chart]

عند سحب عدد (**K**) من العينات، بحيث تحتوى كل عينة على (**n**) من الوحدات، فإن حدود خريطة **P – Chart** يتم حسابها كمل يلي:

- خط المنتصف (**CL**) يتم حسابه كما يلي:

$$CL = P$$

- الحد الأعلى للمراقبة (**UCL**) ، يتم حسابه كما يلي:

$$UCL = p + (3)\left(\sqrt{\frac{p\,(1-p)}{n}}\right)$$

- الحد الأدنى للمراقبة (**LCL**)، يتم حسابه كما يلي:

$$LCL = p - (3)\left(\sqrt{\frac{p\,(1-p)}{n}}\right)$$

حيث :

p : نسبة الوحدات المعيبة في المجتمع .

ملحوظة:

في حالة أن تكون هذه النسبة [p] غير معلومة، فإنه يتم تقديرها بإحدى الطريقتين التاليتين:

الطريقة الأولى: (إجمالي عدد الوحدات المعيبة) ÷ (**n×K**) .

الطريقة الثانية: (مجموع نسب الوحدات المعيبة) ÷ (**K**) .

مثال [8]

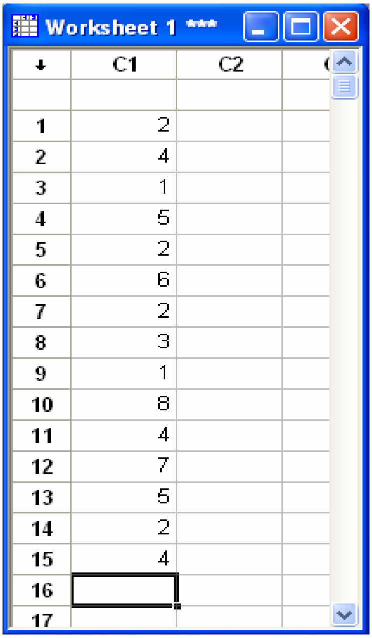
بفرض أنه تم سحب (15) عينة من إنتاج احد المصانع ، وتحتوى كل عينة على (50) وحدة، والجدول التالي يوضح عدد الوحدات المعيبة في كل عينة:

رقم العينة	عدد الوحدات المعيبة
1	2
2	4
3	1
4	5
5	2
6	6
7	2
8	3
9	1
10	8
11	4
12	7
13	5
14	2
15	4

المطلوب: رسم خريطة P – Chart ، مع العلم بأن نسبة الوحدات المعيبة في إنتاج هذا المصنع تساوى 4 ٪ .

الخطوات :

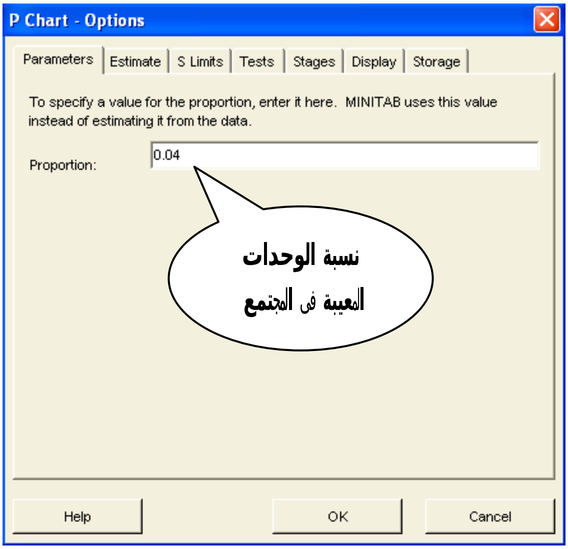
أ) إدخال البيانات:



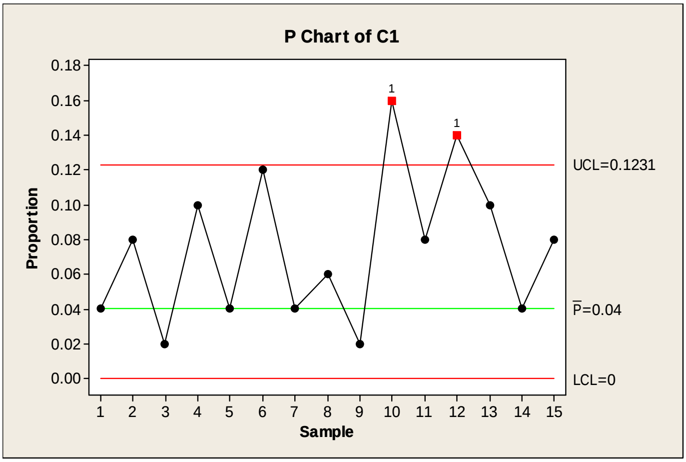
2) افتح قائمة **Stat** ، ومن القائمة الفرعية لـ **Control Charts** افتح القائمة الفرعية **Attributes Charts** ومنها اختر الأمر **P** ، سوف يظهر المربع الحواري التالي :

في المربع الحواري الذي أمامك:

- قم بإدخال المتغير (C1) الى المربع الذي بعنوان **Variables** .
- وفي خانة **Subgroup sizes** : أدخل عدد الوحدات في العينة الواحدة (50).
- ثم أنقر فوق الاختيار **P Chart Options**، سوف يظهر المربع الحواري التالي:



3) ثم اضغط **OK** للعودة الى المربع الحواري الأساسي، وفيه اضغط **OK** ، سيظهر لنا خريطة مراقبة الجودة التالية



التعليق:

يلاحظ هنا وجود خلل في العملية الإنتاجية، حيث توجد عينتين [العينة رقم (**10**)، والعينة رقم (**12**)] قد تجاوزت نسبة الوحدات المعيبة فيهما الحد الأعلى للمراقبة.

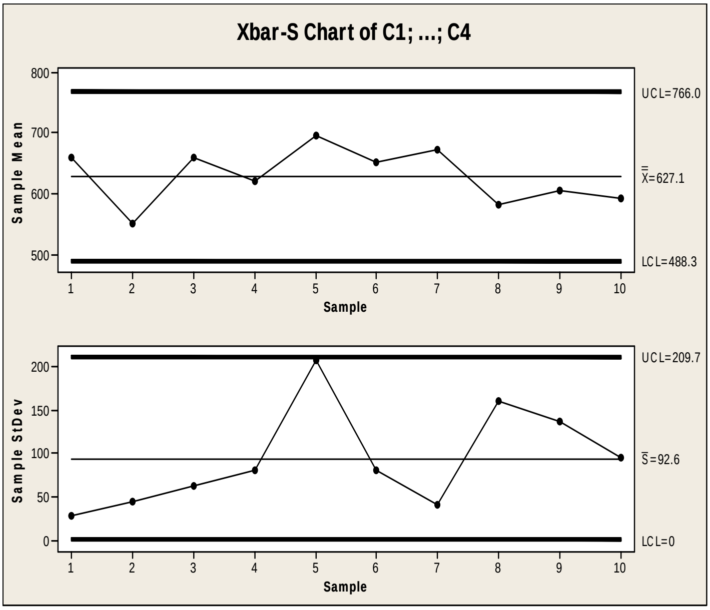
طريقة حساب الحدود الثلاثة لخريطة المراقبة:

- خط المنتصف (**CL**) يمثل نسبة الوحدات المعيبة في المجتمع (**P**)، وهي معلومة (**0.04**):

$$CL = P$$
$$= 0.04$$

- الحد الأعلى للمراقبة (**UCL**)، يتم حسابه كما يلي:

$$UCL = p + (3)\left(\sqrt{\frac{p\,(1-p)}{n}}\right)$$
$$= 0.04 + \left[3\sqrt{\frac{0.04(1-0.04)}{50}}\right]$$
$$= 0.1231$$



التعليق:

توضح كل من خريطة الوسط وخريطة الانحراف المعياري أن العملية الإنتاجية تسير وفقاً للمواصفات ولا يوجد أى خلل فيها.

جداول ثوابت خرائط المراقبة

الجدول (1)

Sample Size (n)	C4	C5	B5	B6
2	0.7979	0.6028	0	2.606
3	0.8862	0.4633	0	2.276
4	0.9213	0.3889	0	2.088
5	0.9400	0.3412	0	1.964
6	0.9515	0.3076	0.029	1.874
7	0.9594	0.2820	0.113	1.806
8	0.9650	0.2622	0.179	1.751
9	0.9693	0.2459	0.232	1.707
10	0.9727	0.2321	0.276	1.669

الجدول (2)

Sample Size (n)	$\overline{X} - Chart$	R - Chart	
	A_2	D_3	D_4
2	1.88	0	3.27
3	1.022	0	2.57
4	0.73	0	2.28
5	0.58	0	2.11
6	0.48	0	2.00
7	0.42	0.08	1.92
8	0.37	0.14	1.86
9	0.34	0.18	1.82
10	0.31	0.22	1.78
11	0.29	0.26	1.74
12	0.27	0.28	1.72
13	0.25	0.31	1.69
14	0.24	0.33	1.67
15	0.22	0.35	1.65
16	0.21	0.36	1.64
17	0.20	0.38	1.62
18	0.19	0.39	1.61
19	0.19	0.40	1.60
20	0.18	0.41	1.59